

Minería Aurífera Artesanal en la Amazonía norte del Ecuador: Gestión e impactos socio-ambientales en la Parroquia El Dorado de Cascales, Provincia de Sucumbíos

Demmy Mora-Silva   & Billy Coronel-Espinoza 

Universidad Estatal Amazónica, Facultad Ciencias de la Vida, Puyo EC160150, Ecuador

 Correspondencia: amb2016107@uea.edu.ec  + 593 99 3411 977

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj426>

Resumen: La minería de oro es una de las industrias más destructivas del mundo. Los impactos socio-ambientales generados por la minería aurífera artesanal pueden afectar gravemente al entorno natural y social. Es importante plantear desafíos a las autoridades competentes para que controlen y regulen las actividades mineras auríferas. El objetivo principal de este estudio se centró en evaluar los impactos socio-ambientales ocasionados por la minería aurífera artesanal en la parroquia El Dorado de Cascales, provincia de Sucumbíos, en la zona norte del territorio ecuatoriano. Previo a la evaluación, se analizó la situación actual en la zona de estudio. Para responder a los objetivos, se realizó una revisión bibliográfica de literatura científica y gris, acompañada de trabajo de campo (observación directa y entrevistas). Los resultados indicaron que el componente biótico y abiótico fueron los más afectados por la actividad minera, debido a que la mayoría de los mineros utilizan técnicas rudimentarias, además se evidenció el uso de mercurio en los procesos de extracción de oro.

Palabras claves: Cascales; biótico; abiótico; minería, economía, gestión

Artisanal gold mining in the northern Amazon of Ecuador: Management and socio-environmental impacts in the El Dorado de Cascales Parish, Sucumbíos Province.

Abstract: Gold mining is one of the most destructive industries in the world. The socio-environmental impacts generated by artisanal gold mining can seriously affect the natural and social environment. It is important to challenge the competent authorities to control and regulate gold mining activities. The main objective of this study focused on evaluating the socio-environmental impacts caused by artisanal gold mining in the parish of El Dorado de Cascales, province of Sucumbíos, in the northern part of the Ecuadorian territory.



Cita: Mora-Silva, D., & Coronel-Espinoza, B. (2021). Minería Aurífera Artesanal en la Amazonía norte del Ecuador: Gestión e impactos socio-ambientales en la Parroquia El Dorado de Cascales, Provincia de Sucumbíos. Green World Journal, 04(02), 003. <https://doi.org/10.53313/gwj426>

Recibido: 30/Mayo/2021

Aceptado: 01/Julio/2021

Publicado: 04/Julio/2021

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.
Editor en Jefe / CaMeRa Editorial
editor@greenworldjournal.com

Nota del editor: CaMeRa se mantiene neutral con respecto a las reclamaciones legales resultado del contenido publicado. La responsabilidad sobre la información publicada es íntegra de los autores.



© 2021 Licencia CaMeRa, Green World Journal. Este artículo es un documento de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Attribution (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

Prior to the assessment, the current situation in the study area was analyzed. In order to respond to the objectives, a bibliographic review of scientific and grey literature was carried out, accompanied by field work (direct observation and interviews). The results indicated that the biotic and abiotic components were the most affected by the mining activity, due to the fact that most of the miners use rudimentary techniques, and the use of mercury in the gold extraction processes was also evidenced.

Keywords: Cascales; biotic; abiotic; mining; economic; management

1. Introducción

La minería es una actividad extractiva cuya mejora constituye soporte para gran parte de la industria manufacturera y es una importante fuente de crecimiento económico para los países en vías de desarrollo. Esta actividad está vinculada a la economía y al medio ambiente. Por un lado, la minería al atraer inversiones produce un mayor ingreso de divisas y mayores valores de exportación, y recientemente ha influido en la evolución positiva de las bolsas mundiales por el alza en la cotización de los metales [1–3]. Por otro lado, la minería ha sido fuente de pasivos ambientales y conflictos sociales por la naturaleza y desarrollo de su actividad. La minería es crucial para el sustento de millones de personas en más de 70 países, principalmente en áreas rurales con perspectivas económicas alternativas limitadas. La industria minera se reconoce cada vez más como una oportunidad para aliviar la pobreza y contribuir al desarrollo local, nacional y regional. Se estima que el sector proporciona empleo directo a más de 16 millones de personas y apoya indirectamente a más de 100 millones de personas [4–6].

En las últimas décadas las actividades mineras han sido muy dinámicas respecto de los lugares de extracción y su intensidad. La extracción artesanal de oro emplea procedimientos rudimentarios para su extracción. Usualmente, los depósitos de oro con partículas muy delgadas necesitan de mercurio para un buen recobro del mismo [7–9]. El proceso de amalgamación es utilizado hace mucho, dicho proceso consiste en que el oro es atrapado por el mercurio en el seno de una pulpa acuosa para formar una sustancia altamente viscosa y de color blanco brillante, denominada amalgama, la recuperación final del oro se realiza mediante un fuerte calentamiento de la aleación (evaporación del mercurio) o la utilización de ácido nítrico (disolución del mercurio). La búsqueda del metal no es fácil. Aproximadamente 15 millones de pequeños mineros artesanales de todo el mundo arriesgan sus vidas todos los días, no solo porque trabajan en condiciones peligrosas, sino también porque están constantemente expuestos a sustancias químicas tóxicas [10–13].

La utilización inadecuada del mercurio en estos procesos conduce a la producción de altas pérdidas, tanto en forma de mercurio elemental durante el beneficio del mineral, como en forma de gas (vapor de mercurio) y compuestos inorgánicos durante la separación oro-mercurio. Los riesgos sobre la salud y el medio ambiente no son tomados en cuenta por la población minera que ignora los daños que puede ocasionar un mal manejo del mercurio [12,14–16]. En la mayoría de los pequeños asentamientos de minería aurífera artesanal, además de la amalgamación con mercurio se emplea la lixiviación con cianuro, para la obtención de oro puro [17–19]. El oro que no es recuperado por la amalgamación por mercurio es recuperado por métodos electroquímicos en piscinas de cianuración, en donde el oro es disuelto formando un complejo con el cianuro, que luego es precipitado sobre zinc granulado, desde donde es separado por métodos metalúrgicos [2,20–22].

La minería artesanal de oro a pequeña escala es el mayor consumidor de mercurio del mundo y la mayor fuente antropogénica de emisiones de este elemento en el ambiente, esta actividad está considerada dentro afectación hacia el medio natural. Las técnicas rudimentarias con las que se extrae oro causan contaminación al medio ambiente y afectaciones a la salud humana

de mineros y residentes que habitan en los alrededores a las actividades mineras. Según varios estudios de salud practicados tanto en trabajadores mineros como en moradores aledaños a las zonas de extracción minera, arrojan resultados negativos sobre su salud [4,10,23,24]. Es lamentable la situación debido a que las personas están conscientes de los riesgos que pueden llegar a ocasionar esta actividad al no realizarla de manera correcta, viéndose altamente afectados por la exposición directa o in-directa a los diferentes procesos de explotación minera. Entre las enfermedades más evidentes dentro de estudios realizados por expertos en el tema, se encuentran que las personas expuestas a dicha actividad padecen de: pérdida de la memoria; intoxicación crónica por mercurio; temblores; malestar; fatiga; dificultad para dormir; afectación de la audición; entre otras. Además, la minería artesanal constituye un motivo de preocupación por los numerosos impactos ambientales que provoca, como: contaminación por mercurio; eliminación directa de elementos tóxicos a cuerpos de agua; daños por erosión y deforestación, y esto trae consigo la destrucción del paisaje [7,25].

Ecuador a pesar de ser un país pequeño en territorio, se encuentra entre los países con mayor biodiversidad del mundo. Debajo de sus exuberantes colinas y ríos se encuentran vetas de oro descubiertas por primera vez en el año 1500, teniendo lugar el oro desde entonces en el país. La minería de metales en Ecuador ha sido históricamente a pequeña escala y artesanal, la mayoría de ella se concentró en el sur del país [12,15]. Actualmente, a pesar de la situación que atraviesa el mundo debido a la pandemia, las actividades mineras tanto ilegales como legales no han descansado siguiendo sus operaciones con la venia del gobierno ecuatoriano. Cuando esta actividad es ilícita, contribuye al surgimiento o a la expansión de problemas comunes desestabilizadores de la seguridad y convivencia ciudadana y contribuye al quebrantamiento de la integridad de las poblaciones que habitan este territorio minero. El Decreto Ejecutivo 1017 emitido el 16 de marzo de 2020, dice que, las actividades relacionadas a los sectores estratégicos pueden seguir durante la emergencia sanitaria y el aislamiento social obligatorio originado por el COVID-19.

La actividad minera aurífera en Cascales va tomando fuerza desde el año 2012, causando malestar tanto a la población indígena como mestiza del cantón, debido a que colonos invadieron sus territorios para dedicarse a esta actividad, provocando varias denuncias por parte de los moradores nativos. La extracción de oro se ha caracterizado por utilizar técnicas ineficaces y obsoletas, causando una serie de impactos negativos en las personas y el ambiente. Muchos sitios mineros de la parroquia extraen el oro con prácticas como el amalgamamiento con mercurio y la quema a cielo abierto [26]. En comparación con las técnicas más refinadas, estos métodos recuperan mucho menos oro, dañan la salud del trabajador y liberan grandes cantidades de tóxicos en el medio ambiente. Debido a esto la minería aurífera artesanal y de pequeña escala se ha convertido en la mayor fuente de contaminación por mercurio no solo a nivel local, sino a nivel global. La extracción de oro sin duda continuará siendo una importante fuente de sustento para los habitantes de la zona. Por eso es importante minimizar el daño que causa en las personas y el planeta [27,28].

La gran mayoría de los mineros artesanales utilizan mercurio para extraer oro. Si bien existen prácticas y tecnologías alternativas más limpias y seguras, los mineros artesanales a menudo ignoran las amenazas que representa el mercurio para la salud humana y carecen de capacidad, fondos e incentivos que permita adoptar buenas prácticas mineras [1,6,9]. En este sentido, el propósito principal de esta investigación fue evaluar los impactos socio-ambientales generados por minería aurífera artesanal en la parroquia El Dorado de Cascales. Además, analizar la situación actual en la zona de estudio. Finalmente, describir desafíos que sean tomados en cuenta para que las actividades de extracción minera aurífera generen impactos bajos al ambiente.

2. Materiales y métodos

2.1. Área de estudio.

El estudio se desarrolló en la Parroquia El Dorado de Cascales en la Amazonía norte del Ecuador, esta parroquia junto a Santa Rosa y Sevilla (Figura 1b) conforman el Cantón Cascales, en la Provincia de Sucumbíos (Figura 1a), coordenadas UTM (254021-9217). La población proyectada para el año 2019 es de 7.574 habitantes, su territorio tiene una superficie de 513,1 km². El clima es cálido húmedo y su altitud varía desde los 365 a los 500 m.s.n.m. La parroquia conserva una gran proporción de recursos naturales, y grupos étnicos que fortalecen su patrimonio cultural y natural [29,30]. Esta zona se constituye como una de las más ricas en biodiversidad, presentando ecosistemas bien conservados donde se pueden encontrar especies tanto de flora como de fauna, se han registrado más de 150 especies endémicas de mamíferos, 300 especies de aves, 77 especies de anfibios y 50 especies de reptiles [31,32].



Figura 1. (a) Cantón Cascales en Sucumbíos; (b) En celeste zona de estudio Parroquia el Dorado de Cascales.

Esta zona se caracteriza por contar con una gran biodiversidad y recursos hídricos, presenta una enorme variedad paisajes naturales, destacándose el componente hídrico, como el recurso de mayor uso y aprovechamiento para el consumo y recreación. Además, las principales actividades económicas y de subsistencia tradicional son la agricultura, ganadería, pesca y minería, destinando la mayor parte de suelo agrícola al cultivo de café, pastos, cacao, caña, plátanos, entre otros. Asimismo, muchos de los habitantes de la parroquia se dedican a la minería para generar un sustento económico en sus hogares, los asentamientos dedicados a la explotación minera aurífera en la parroquia se encuentran en la parte alta de la microcuenca del río Cascales [33–35].

2.2. Métodos

La metodología utilizada en la investigación empleó un conjunto de técnicas que dieron respuesta a cada objetivo planteado. Primeramente, para el análisis inicial de la situación actual de la minería aurífera en la zona en estudio se realizó una revisión bibliográfica de artículos científicos y bibliografía gris, información que fue complementada con entrevistas y observación directa en campo. Segundo, para la evaluación de impactos socio-ambientales se utilizó una matriz colectora de datos de doble entrada. Finalmente, para establecer los desafíos se aplicó una técnica denominada juicio de expertos.

2.2.1. Análisis de la situación actual

La técnica utilizada para el estudio situacional en la parroquia se basó en un análisis bibliográfico de las obras publicadas en los últimos 10 años en bases de datos como (Redalyc, Scielo, Science Direct y Springer) sobre minería aurífera en la zona de estudio, para ello se aplicó palabras claves de búsqueda para filtrar los resultados (minería artesanal + oro + Cascales), en los campos (título, palabras claves y resumen), la búsqueda se complementó con repeticiones aplicando combinaciones en español e inglés. Adicional, se utilizó bibliografía gris, es decir, documentos como planes, leyes, informes, ordenanzas, otros, información que fue facilitada por las autoridades del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Cascales encargados de la gestión, control y seguimiento de las actividades económicas en la Parroquia El Dorado de Cascales.

2.2.2. Evaluación de impactos

La evaluación de los impactos ambientales se basa en la identificación de presiones externas a un ecosistema y sus componentes. El método propuesto ha sido ampliamente utilizado en diversas evaluaciones de impacto ambiental con el fin de identificar las principales presiones derivadas de las actividades antropogénicas [36–38]. La técnica es cuali-cuantitativa que se consiste en la aplicación de una matriz de doble entrada, dicha matriz es una herramienta que posee ventajas principales sobre otros métodos: i) Para llevar a cabo la valoración no requiere de expertos por lo que es de fácil accesibilidad; ii) se puede evaluar diferentes impactos ocasionados; iii) se puede tomar criterios de varias personas que tengan conocimiento del tema; iv) los criterios o valoración emitida debe ser netamente basado en las condiciones ambientales físicas presentes; v) es una matriz muy fácil de aplicar, se adapta a los diferentes impactos, levanta una valoración confiable, es muy práctica en procesos de gestión ambiental y de esta manera sirve para proponer medios de prevención a su deterioro.

En esta sección la metodología se dividió en 4 pasos. El primero consistió en la caracterización de las presiones antrópicas, para ello se realizó una entrevista con los mineros artesanales de la zona, para conocer los procesos, actividades y técnicas empleadas en la extracción de oro. Como segundo paso fue determinar los componentes de evaluación, se establecieron seis componentes, dos bióticos (flora y fauna), dos abióticos (agua y suelo), económicos y sociales, es importante señalar que la dificultad para identificar los componentes ecológicos y antropogénicos puede ser compleja, dependiendo de las características del ecosistema del área de estudio. El tercer paso fue identificar y describir los impactos, en este proceso se construyó un grupo de personas involucradas y con conocimiento en las actividades de minería artesanal, como técnicos gubernamentales, académicos, profesionales de la zona y mineros (Tabla 1). A este grupo de actores se entregó evidencia histórica, resultado de las actividades mineras (fotografías y videos) y se programó una visita de campo a la zona estudio en la parroquia.

Tabla 1. Personas involucradas y con conocimiento en las actividades de minería artesanal en la zona de estudio.

Nombre	Profesión	Relación con el área
Hinerth Velázquez	Ingeniero	Fiscalizador ambiental en el Cantón Cascales
Álvaro Borja	Técnico Ambiental	Técnico Ambiental en el Cantón Cascales
Juan Carlos	Actor local	Minero Artesanal Local
Andrea Chango	Ingeniera Ambiental	Técnica Ambiental en el Cantón Cascales

Finalmente, en el cuarto paso, con la finalidad de determinar la magnitud de los impactos ambientales se usó la técnica juicio de expertos que consistió en conformar una mesa técnica de trabajo (Tabla 2), por académicos y profesionales con experiencia en temas referentes a la identificación de impactos ambientales. Con los resultados obtenidos en los pasos anteriores e identificados los impactos, esta mesa técnica al igual que en el paso anterior usó evidencia histórica como (imágenes y videos), acompañado con una visita de campo que permitió asignar una magnitud de afectación (Tabla 3).

Tabla 2. Expertos seleccionados para desarrollar la evaluación de impactos socio-ambientales generados por minería aurífera artesanal en El Dorado de Cascales.

Nombre	Profesión	Relación con el área
Billy Coronel	Magíster	Profesor Investigador en la zona de estudio
Carlos Mestanza	Doctor en Conservación y	Investigador en la zona de estudio
Ramón	Gestión del Medio Natural	
Demmy Mora	Estudiante	Investigadora en el área de estudio
Álvaro Borja	Técnico Ambiental	Técnico Ambiental en el Cantón Cascales
Yader Moreno	Ingeniero Ambiental	Ex Analista Ambiental del Ministerio del Ambiente y Agua del Ecuador en la Provincia de Sucumbíos

Para asignar la magnitud de los impactos se utilizaron tres niveles (bajo, medio y alto), estos niveles (Tabla 3) de afectación consideran las presiones y la fragilidad de los componentes evaluados (paso 2). Es así que la severidad de las presiones y la vulnerabilidad de los componentes están directamente relacionados con la magnitud del impacto. Por otra parte, la magnitud de los impactos dependerá de la frecuencia y alcance de los procesos. Es importante considerar que la fragilidad de los componentes ecosistémicos influirá en el grado de vulnerabilidad al momento de la evaluación.

Tabla 3. Descripción de la magnitud de los impactos.

Magnitud	Descripción
Alto	Aquellos que son incompatibles con la conservación. Su presencia elevaría la prohibición de uso o modificaría sustancialmente las actividades.
Medio	Aquellos que pueden ser compatibles con la conservación, después de implementar medidas de gestión.
Bajo	Compatible con conservación y susceptible a la regeneración natural a falta de actividades.

2.2.3. Desafíos

Para establecer desafíos, se utilizó los resultados del diagnóstico situacional respecto a la minería aurífera en la parroquia El Dorado de Cascales y la evaluación de los impactos. A partir de esto, se desarrolló una matriz FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades, Amenazas). En este

proceso, se elaboraron preguntas que permitieron identificar diversos aspectos esenciales para su estructura (Tabla 4).

Tabla 4. Matriz FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Oportunidades)

Fortalezas	Oportunidades	Debilidades	Amenazas
¿Cuáles son las ventajas?	¿Qué está afectando?	¿Qué se hace mal?	¿Qué cosas hacen mejor otras zonas mineras artesanales?
¿Qué se hace bien?	¿Qué oportunidades pueden surgir de las problemáticas?	¿Qué no debería ocurrir?	¿Qué obstáculos enfrenta la minería?

3. Resultados y Discusión

Una vez explicado el proceso metodológico para realizar la revisión bibliográfica, la evaluación de impactos socio-ambientales y el análisis mediante el juicio de expertos en la parroquia El Dorado de Cascales. A continuación, se presentan los resultados del análisis y descripción de la situación actual de la zona en estudio, la evaluación socio-ambiental y los desafíos en la parroquia El Dorado de Cascales respecto a las actividades mineras auríferas artesanales.

3.1. Análisis de la situación actual

Mediante el análisis bibliográfico en diferentes documentos se estableció la situación actual respecto a la minería de la parroquia El Dorado de Cascales. La parroquia El Dorado de Cascales, presenta actividad minera aurífera constante desde el año 2012, esto trajo consigo malestar tanto para la población indígena como mestiza de la parroquia, debido a que colonos invadieron sus territorios para dedicarse a esta actividad, provocando varias denuncias por parte de los moradores nativos. La extracción de oro se ha caracterizado por utilizar técnicas ineficaces y obsoletas, causando una serie de impactos negativos en las personas y el ambiente. La minería aurífera artesanal se caracteriza por no contar con tecnología adecuada para su extracción, condiciones laborales precarias, carencia de conocimiento técnico y escasa formalización legal e institucional. En la actualidad, se sigue observando que se realiza minería por la coloración de sus ríos principales de la parroquia (Ríos Cascales y Loroyaku), estas actividades se realizan de manera informal, debido a que no se cuenta con un registro ambiental.

La parroquia El Dorado de Cascales registra la mayor actividad minera aurífera en el cantón Cascales y en la provincia de Sucumbíos. Los ríos principales en los que se realiza esta actividad son el río Cascales y Loroyaku, la coloración que presentan estos ríos son indicadores físicos de que se realiza actividades mineras. Se estima que la producción de oro en la zona de estudio es de aproximadamente 1 gramo semanal, cabe recalcar que esto depende mucho del estado climático en el que se encuentre el área o zona con indicios de material aurífero.

Según entrevistas realizadas tanto a mineros como habitantes de la zona, anuncian que, en los últimos años la zona en estudio se ha visto invadida por actividades mineras de manera ilegal e informal. Además, la percepción expuesta por los mineros es que una de las principales ventajas que presenta esta actividad es la generación de ingresos, esto constituye una gran oportunidad para las economías locales. Mientras tanto para los habitantes aledaños el desarrollo de actividades mineras causa alteraciones, perturbaciones y contaminación. Todo esto se debe al hecho de que no se realizan con técnicas adecuadas que no produzcan contaminación tanto a las fuentes hídricas como al suelo y biodiversidad en general.

Está claro que estas actividades han generado un conflicto entre las partes interesadas y sus moradores. Si se aspira a concientizar la metodología utilizada por mineros artesanales con el fin de generar menos impactos socio-ambientales, se requiere de desafíos donde la colaboración y el

trabajo integrado de autoridades, interesados y ciudadanía sea primordial. La minería aurífera artesanal en la parroquia se ha caracterizado por realizarse con técnicas rudimentarias. Según información de la municipalidad del cantón, la parroquia atraviesa un gran problema socio-ambiental, debido a que las actividades auríferas no cumplen con el Plan de Manejo Ambiental.

Además, no se cuenta con suficientes controles por parte de las autoridades competentes para verificar el cumplimiento de los diferentes requisitos para su funcionamiento, sin perjudicar al ambiente y a la población cercana. La ciudadanía de la parroquia alega que esta actividad a pesar de generar ingresos económicos más para la gente nativa del sector muchas veces causa malestar debido a que realizan esta actividad de manera inconsciente con el medio ambiente, generando daños a los cuerpos de agua que muchas veces son aprovechados por la comunidad, para uso recreativo o con fuente de regío para sus cultivos, crianza de animales.

3.2. Evaluación de impactos

El estudio permitió evaluar los principales impactos y conflictos generados por las actividades de minería aurífera en la parroquia El Dorado de Cascales. Se identificaron cuatro actividades principales llevadas a cabo en la zona (Tabla 5) en el proceso de explotación; clasificación de las gravas auríferas y separación de sedimentos pesados; concentración y separación del oro de los sedimentos pesados; recuperación del oro mediante procesos de amalgamación con mercurio; y, destilación de la amalgama para la separación del oro del mercurio.

Tabla 5. Descripción de las actividades en la extracción de minería en la parroquia El Dorado de Cascales.

Actividades	Descripción
Exploración inicial	Esta etapa hace referencia al proceso inicial en el cual los mineros artesanales recorren grandes distancias en búsqueda de una zona que presenten indicios de materiales auríferos.
Clasificación de las gravas	Este proceso consiste en clasificar las gravas auríferas y separarlas de los sedimentos pesados, con la ayuda de dragas pequeñas y/o canalones metálicos.
Concentración y separación	En este paso se realiza la concentración y separación del oro de los sedimentos pesados. El proceso utiliza una herramienta denominada "batea", en la cual se aplica de una a dos gotas de mercurio. A continuación, se coloca el material y se realizan movimientos circulares hasta obtener al fondo de la batea el oro en forma de amalgama.
Amalgación	Esta fase consiste en la acumulación de amalgamas, producto de las repeticiones de concentrado y separación. Por lo general esta amalgama pasa a una siguiente etapa de destilado al finalizar el día.
Destilación	Finalmente, la destilación de la amalgama consiste en quemar la amalgama para separar el oro del mercurio, y así obtener el producto final, el oro, para su comercialización.

Se identificaron dieciséis impactos socio-ambientales en los tres componentes (Bióticos, abióticos y socio-económicos) causados por las cinco actividades principales llevadas a cabo por el proceso de extracción de oro (Tabla 6). De las cinco actividades analizadas, el componente socio-económico fue la única actividad que no generó impactos sustanciales en el componente biótico. Sin embargo, las cuatro actividades restantes causaron impactos negativos en los componentes bióticos y abióticos del ecosistema en las zonas de extracción aurífera artesanal de la

parroquia El Dorado de Cascales. De los tres componentes estudiados, el agua en cuanto al componente abiótico resultó tener el mayor número de impactos perjudiciales por las actividades de extracción aurífera, debido a la utilización de mercurio para poder obtener el oro.

Tabla 6. Impactos asociados a los componentes identificados durante la extracción minera aurífera en la parroquia.

Actividades	Componente						
	Biótico		Abiótico			Socio-económico	
	Fauna	Flora	Suelo	Agua	Atmosfera	Económico	Social
Exploración inicial	Perturbación	Perturbación	Compactación Contaminación	Perturbación	---	---	---
	Alteración	Alteración Perdida		Alteración			
Clasificación de las gravas	Perturbación	Perturbación	Alteración	Perturbación	---	---	---
	Alteración	Alteración		Alteración			
	Perdida	Perdida					
Concentración y separación	Contaminación	Perturbación	Compactación	Contaminación	---	---	---
Amalgación	Alteración	Alteración	Contaminación	Contaminación	Contaminación	---	Enfermedades
Destilación	Contaminación	Perturbación	Contaminación	Contaminación	Contaminación	Ingresos	Enfermedades

Los impactos identificados en la Parroquia El Dorado de Cascales generados por la minería aurífera artesanal, mostraron ser muy perjudiciales durante y después de las actividades mineras (Tabla 9-4). En el área de estudio, se identificaron dieciséis impactos socio-ambientales diferentes, siete con un alto impacto, todos relacionados con los componentes abióticos (Alteración del hábitat, Perturbación a la vegetación, Alteración a la vegetación, Contaminación por sustancias químicas, Alteración, Contaminación y Contaminación por partículas en suspensión). Seguido de ocho impactos con magnitud media, cuatro se relacionan con el componente biótico (Perturbación por exploración inicial, Perdida de especies, Contaminación por desechos y Perdida por daños o remoción), tres al componente abiótico (Compactación, Perturbación y Alteración a la calidad del suelo) y uno del componente socio-económico (salud). En general, considerando todas las actividades realizadas para la extracción de oro, se reconoció que 54.54% de las actividades tuvieron un impacto medio, el 36.36% tuvieron un impacto alto y el 9.09% tuvieron un impacto bajo en los tres componentes estudiados.

Tabla 7. Principales resultados de la magnitud de los impactos y conflictos en la parroquia El Dorado de Cascales.

Componente	Impacto	Magnitud
Fauna	Perturbación por exploración inicial	Medio
	Alteración del hábitat	Alto
	Perdida de especies	Medio
	Contaminación por desechos	Medio
Flora	Perturbación a la vegetación	Alto
	Alteración a la vegetación	Alto
	Perdida por daños o remoción	Medio
Suelo	Compactación	Medio
	Contaminación por sustancias químicas	Alto
	Alteración a la calidad del suelo	Medio

Agua	Perturbación	Medio
	Alteración	Alto
	Contaminación	Alto
Atmósfera	Contaminación por partículas en suspensión	Alto
Económico	Empleo	Bajo
Social	Salud	Medio
Resultados	Bajo impacto	6,25%
	Medio impacto	50%
	Alto impacto	43,75%

Los resultados de esta evaluación sobre los impactos socio-ambientales generados por la explotación minera aurífera en la Parroquia El Dorado de Cascales demuestran que los mineros artesanales no contaban con el registro ambiental pertinente, además, no realizaban la extracción de manera amigable con el medio natural (Figura 2). La magnitud de los impactos en su mayoría son medios, sin descartar la preocupación del componente biótico. Siendo afectados los ríos Cascales y Loroyaku, fuentes de aprovechamiento para los habitantes locales, como fuentes de uso diario para diferentes actividades del hogar y además como centros turísticos, que ahora se ven afectados por las actividades mineras.



Figura 2. Extracción minera aurífera artesanal. (a) Afectación a cuerpos hídricos; (b) uso de maquinas y equipos; (c) afectación antrópica; (d) movimiento de tierra y afectación vegetal.

3.3. Desafíos

La minería aurífera juega un papel crucial en la producción de empleo, la generación de divisas y la actividad económica en general. A pesar de que se paralizaron las actividades mineras, como resultado de la pandemia COVID-19, ahora se sigue evidenciando la extracción de oro, se puede justificar al observar la coloración de los principales ríos de la parroquia El Dorado de Cascales, estos ríos son; Cascales y Loroyaku. Las autoridades del área de estudio deben centrar sus esfuerzos en crear ordenanzas para regular estas actividades en el cantón. Es fundamental analizar la situación en cuanto a la minería aurífera en general del Cantón Cascales, para aprovechar el potencial de los recursos de manera sostenible.

Los problemas de contaminación ambiental y de salud por el uso de mercurio es quizás uno de los mayores desafíos del sector y las autoridades. Según varias entrevistas realizadas a mineros locales, manifiestan que utilizan mercurio para recuperar el oro extraído de los ríos. Para hacer frente a este desafío, no solo son necesarias medidas estrictas de prevención y control de la contaminación ambiental y de calidad ambiental en general, sino también estrategias para gestionar y garantizar un equilibrio en la realización de actividades mineras y la salud de los trabajadores y moradores del sector. Se requieren nuevas formas de trabajar y comprender las necesidades y requisitos de los trabajadores y ciudadanos de la zona de estudio.

La incorporación de métodos sostenibles es esencial para al realizar la extracción de este elemento no se generen impactos negativos al ambiente. Para ello, es necesario reforzar la formación profesional e instaurar un cambio de mentalidad que permita a este sector adaptarse a los métodos menos perjudiciales con el ambiente. El Estado debe promulgar marcos regulatorios con el propósito de gestionar y fomentar las actividades mineras artesanales para evitar que se realicen con baja tecnología, condiciones laborales precarias, debido que, la ventaja más grande en el sector artesanal es que es una gran fuente de empleo e ingresos para la comunidad.

4. Conclusiones

Las autoridades del Cantón El Dorado de Cascales y sus parroquias deben asumir las competencias que por ley les corresponden y centrar esfuerzos en la creación de ordenanzas que permitan controlar y dar seguimiento a las actividades de minería aurífera. La creación de herramientas de gestión permitirá evaluar, monitorear y controlar todos los procesos que ocurren en las actividades de minería.

La situación actual de la parroquia El Dorado de Cascales, post evaluación de impactos socio-ambientales por las actividades de minería aurífera, demuestra que se genera un gran impacto en los recursos hídricos de la zona en estudio, debido a los métodos utilizados para recuperar el oro de los sedimentos pesados del río, como es el uso del mercurio. El mercurio se utiliza para separar y extraer el oro de las piedras o rocas en las que se encuentre. Este elemento se adhiere al oro formando una amalgama que facilita su separación de los demás sedimentos. El agua es un recurso valioso y escaso, debido a la contaminación que presenta, su calidad se ve afectada cuando los impactos de los proyectos mineros no se evalúan adecuadamente y no se ejecutan acciones mitigadoras.

El uso del mercurio en los procesos de extracción de oro al principio puede ser una opción eficiente por su efectividad. Sin embargo, los resultados demuestran que existe impactos socio-ambientales medios y altos como resultado directo de las actividades de minería aurífera artesanal en la parroquia El Dorado de Cascales. Al analizar la situación actual de la parroquia, se evidenció que se realiza la extracción de oro con técnicas rudimentarias. Además, no se cuenta con suficientes controles por parte de las autoridades competentes para verificar el cumplimiento de los diferentes requisitos para su funcionamiento, sin perjudicar al ambiente y a la población cercana.

Contribución de autores: Conceptualización, D.M.S. y B.C.E.; metodología, D.M.-S.; validación, B.C.E.; análisis formal, D.M.S. y B.C.E.; investigación, D.M.S.; recursos, D.M.S.; procesamiento de datos, D.M.S.; redacción, D.M.S.; revisión, B.C.E.; edición, B.A.G.P.; visualización, D.M.S.; supervisión, B.C.E.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

Referencias:

1. Pesantes, A.A.; Carpio, E.P.; Vitvar, T.; López, M.M.M.; Menéndez-Aguado, J.M. A multi-index analysis approach to heavy metal pollution assessment in river sediments in the Ponce Enríquez Area, Ecuador. *Water (Switzerland)* **2019**, *11*.
2. Kristensen, A.K.B.; Thomsen, J.F.; Mikkelsen, S. A review of mercury exposure among artisanal small-scale gold miners in developing countries. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* **2013**, *87*, 579–590.
3. Ali, H.; Khan, E.; Ilahi, I. Environmental chemistry and ecotoxicology of hazardous heavy metals: Environmental persistence, toxicity, and bioaccumulation. *J. Chem.* **2019**, *2019*.
4. Sánchez-Vázquez, L.; Espinosa-Quezada, M.G.; Eguiguren-Riofrío, M.B. “Golden reality” or the “reality of gold”: Artisanal mining and socio-environmental conflict in Chinapintza, Ecuador. *Extr. Ind. Soc.* **2016**, *3*, 124–128.
5. Webb, J.; Mainville, N.; Mergler, D.; Lucotte, M.; Betancourt, O.; Davidson, R.; Cueva, E.; Quizhpe, E. Mercury in Fish-eating Communities of the Andean Amazon, Napo River Valley, Ecuador. *Ecohealth* **2004**, *1*, SU59–SU71.
6. Abraham, M.; Diana, J.F.; Jürgen, M. Levels of MN, ZN, PB and HG in sediments of the zamora river, Ecuador. *Rev. Int. Contam. Ambient.* **2018**, *34*, 245–249.
7. Langeland, A.L.; Hardin, R.D.; Neitzel, R.L. Mercury Levels in Human Hair and Farmed Fish near Artisanal and Small-Scale Gold Mining Communities in the Madre de Dios River Basin, Peru. *Int. J. Environ. Res. Public Heal.* **2017**, *14*.
8. Coppock, D.L.; Fernández-Giménez, M.; Hiernaux, P.; Huber-Sannwald, E.; Schloeder, C.; Valdivia, C.; Arredondo, J.T.; Jacobs, M.; Turin, C.; Turner, M. Rangeland Systems in Developing Nations: Conceptual Advances and Societal Implications BT – Rangeland Systems: Processes, Management and Challenges. In: Briske, D.D., Ed.; Springer International Publishing: Cham, 2017; pp. 569–641 ISBN 978-3-319-46709-2.
9. Doering, S.; Bose-O'Reilly, S.; Berger, U. Essential indicators identifying chronic inorganic mercury intoxication: Pooled analysis across multiple cross-sectional studies. *PLoS One* **2016**, *11*, 2599–2607.
10. Steckling, N.; Tobollik, M.; Plass, D.; Hornberg, C.; Ericson, B.; Fuller, R.; Bose-O'Reilly, S. Global Burden of Disease of Mercury Used in Artisanal Small-Scale Gold Mining. *Ann. Glob. Heal.* **2017**, *83*, 234–247.
11. Tost, M.; Bayer, B.; Hitch, M.; Lutter, S.; Moser, P.; Feiel, S. Metal mining's environmental pressures: A review and updated estimates on CO2 emissions, water use, and land requirements. *Sustain.* **2018**, *10*.
12. Luo, W.; Lu, Y.; Zhang, Y.; Fu, W.; Wang, B.; Jiao, W.; Wang, G.; Tong, X.; Giesy, J.P. Watershed-scale assessment of arsenic and metal contamination in the surface soils surrounding Miyun Reservoir, Beijing, China. *J. Environ. Manage.* **2010**, *91*, 2599–2607.
13. Uğur, N.G.; Akbıyık, A. Impacts of COVID-19 on global tourism industry: A cross-regional comparison. *Tour. Manag. Perspect.* **2020**, *36*, 100744.
14. Gonçalves, A.O.; Marshall, B.G.; Kaplan, R.J.; Moreno-Chavez, J.; Veiga, M.M. Evidence of reduced mercury loss and increased use of cyanidation at gold processing centers in southern Ecuador. *J. Clean. Prod.* **2017**, *165*, 836–845.
15. Mantey, J.; Nyarko, K.B.; Owusu-Nimo, F.; Awua, K.A.; Bempah, C.K.; Amankwah, R.K.; Akatu, W.E.;

- Appiah-Effah, E. Mercury contamination of soil and water media from different illegal artisanal small-scale gold mining operations (galamsey). *Heliyon* **2020**, *6*, e04312.
16. Gafur, N.A.; Sakakibara, M.; Sano, S.; Sera, K. A case study of heavy metal pollution in water of Bone River by Artisanal Small-Scale Gold Mine Activities in Eastern Part of Gorontalo, Indonesia. *Water (Switzerland)* **2018**, *10*, 1–10.
17. Asamoah, E.F.; Zhang, L.; Liang, S.; Pang, M.; Tang, S. Emerge perspectives on the environmental performance and sustainability of small-scale gold production systems in Ghana. *Sustainability* **2017**, *9*, 2034.
18. Veiga, K.H.; Telmer, M.M. World emissions of mercury from artisanal and small scale gold mining. In *Mercury Fate and Transport in the Global Atmosphere*; Pirrone, N., Mason, R., Eds.; Springer, Boston, MA, 2009; pp. 131–172 ISBN 978-0-387-93958-2.
19. Veiga, M.M.; Gunson, A.J. Gravity concentration in artisanal gold mining. *Minerals* **2020**, *10*, 1–50.
20. Capparelli, M.V.; Moulattlet, G.M.; Abessa, D.M. de S.; Lucas-Solis, O.; Rosero, B.; Galarza, E.; Tuba, D.; Carpintero, N.; Ochoa-Herrera, V.; Cipriani-Avila, I. An integrative approach to identify the impacts of multiple metal contamination sources on the Eastern Andean foothills of the Ecuadorian Amazonia. *Sci. Total Environ.* **2020**, *709*, 136088.
21. Owusu-Nimo, F.; Mantey, J.; Nyarko, K.B.; Appiah-Effah, E.; Aubynn, A. Spatial distribution patterns of illegal artisanal small scale gold mining (Galamsey) operations in Ghana: A focus on the Western Region. *Heliyon* **2018**, *4*, e00534.
22. Basri; Sakakibara, M.; Sera, K. Current mercury exposure from artisanal and small-scale gold mining in Bombana, southeast Sulawesi, Indonesia—Future significant health risks. *Toxics* **2017**, *5*.
23. Ammirati, L.; Mondillo, N.; Rodas, R.A.; Sellers, C.; Martire, D. Di Monitoring land surface deformation associated with gold artisanal mining in the Zaruma City (Ecuador). *Remote Sens.* **2020**, *12*, 1–17.
24. Schudel, G.; Kaplan, R.; Adler Miserendino, R.; Veiga, M.M.; Velasquez-López, P.C.; Guimarães, J.R.D.; Bergquist, B.A. Mercury isotopic signatures of tailings from artisanal and small-scale gold mining (ASGM) in southwestern Ecuador. *Sci. Total Environ.* **2019**, *686*, 301–310.
25. Bridge, G. Contested terrain: Mining and the environment. *Annu. Rev. Environ. Resour.* **2004**, *29*, 205–259.
26. Orellana Navas, L.; Méndez Robles, P.; Mishquero Ullauri, D. Conflictos e impactos generados por minería: Una amenaza al territorio de la comunidad indígena Cofán de Sinangoe, Sucumbíos – Ecuador. *Green World J.* **2020**, *3*, 1.
27. Clark, M.R.; Durden, J.M.; Christiansen, S. Environmental Impact Assessments for deep-sea mining: Can we improve their future effectiveness? *Mar. Policy* **2020**, *114*.
28. Schutzmeier, P.; Berger, U.; Bose-O'Reilly, S. Gold Mining in Ecuador: A Cross-Sectional Assessment of Mercury in Urine and Medical Symptoms in Miners from Portovelo/Zaruma. *Int. J. Environ. Res. Public Heal.* **2017**, *14*.
29. Moreno Vallejo, C.A. Impactos de la actividad petrolera en la Amazonía Ecuatoriana, Tesis de posgrado, Universidad San Francisco de Quito (USFQ), Quito – Ecuador, 17 de mayo de 2017.
30. Banco Central del Ecuador *Reporte de Minería*; 2019;
31. Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Cascales *Plan de Desarrollo y ordenamiento Territorial del Cantón El Dorado de Cascales*; El Dorado de Cascales, 2019;
32. Mestanza-Ramón, C.; Henkanathgedara, S.M.; Vásquez Duchicela, P.; Vargas Tierras, Y.; Sánchez Capa, M.; Constante Mejía, D.; Jimenez Gutierrez, M.; Charco Guamán, M.; Mestanza Ramón, P. In-Situ and Ex-Situ Biodiversity Conservation in Ecuador: A Review of Policies, Actions and Challenges. *Divers.* **2020**, *12*.
33. Calvache Mogro, A.J. Revalorización y Revitalización de las Manifestaciones Culturales de la Comunidad

- Kichwa Shayari para el Diseño de un Producto Turístico Comunitario, cantón Cascales, provincia de Sucumbíos 2012.
34. Melo, M. *Los derechos de la naturaleza en la nueva Constitución ecuatoriana*; Acosta, A., Martínez, E., Eds.; Quito - Ecuador, 2009;
 35. Acosta, A. *Los grandes cambios requieren de esfuerzos audaces. A manera de prólogo*; Acosta, A., Martínez E., Eds.; 1st ed.; Quito - Ecuador, 2009;
 36. Canteiro, M.; Córdova-Tapia, F.; Brazeiro, A. Tourism impact assessment: A tool to evaluate the environmental impacts of touristic activities in Natural Protected Areas. *Tour. Manag. Perspect.* **2018**, *28*, 220–227.
 37. Conesa Fernández-Vítora, V. Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. **1993**.
 38. Mestanza, C.; Saavedra, H.F.; Gaibor, I.D.; Zaquinaula, M.A.; Váscones, R.L.; Pacheco, O.M. Conflict and Impacts Generated by the Filming of Discovery Channel's Reality Series "Naked and Afraid" in the Amazon: A Special Case in the Cuyabeno Wildlife Reserve, Ecuador. *Sustainability* **2019**, *11*, 50.

Reseña de los autores:



Demmy Mora-Silva. Estudiante de la Carrera de Ingeniería Ambiental, Facultad Ciencias de la Vida en la Universidad Estatal Amazónica. En los últimos años académicos a mostrado un interés por temas relacionados a la evaluación de impactos ambientales y los conflictos generados a partir de la minería aurífera en Ecuador.



Billy Coronel-Espinoza Ingeniero Ambiental por la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), Magíster en Sistemas de Gestión por la Universidad Técnica Particular de Loja. En la actualidad es Profesor a tiempo completo en la Universidad Estatal Amazónica.